

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-022984

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl. H04L 1/18
H04B 7/26

(21)Application number : 09-065629 (71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 19.03.1997 (72)Inventor : SAYEED ZULFIQUAR
WEERACKODY VIJITHA

(30)Priority

Priority number : 96 620053 Priority date : 20.03.1996 Priority country : US

(54) ADAPTIVE HYBRID ARQ ENCODING SCHEME FOR PHASING CHANNEL WITH SLOW PERIOD OF MOBILE RADIO SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an adaptive hybrid ARQ scheme by deciding a channel state based on the frequency of reception notice from a receiver.

SOLUTION: A data source 11 supplies data to be transmitted to a frame assembly module 12 and a module transmits a receiver packet through an antenna 13 and receives reception notice data from the receiver through an antenna 14. When much NACK are returned from the receiver, strong FEC is used and the ARQ scheme is obtained. When an ACK signal is received, encoding is not used or weak FEC is used to obtain the AQR scheme.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

先行技術

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

特 許 出 願 公 開 号 (2)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-22984

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 1/18			H 0 4 L 1/18	
H 0 4 B 7/26			H 0 4 B 7/26	C

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-65629

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月19日

(31) 優先権主張番号 08/620053

(32) 優先日 1996年3月20日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596092698

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レーテッド

アメリカ合衆国, 07974-0636 ニュージ
ャーシー, マレイ ヒル, マウンテン ア
ヴェニュー 600

(72) 発明者 ツィルフィクアー セイード

アメリカ合衆国 19131 ペンシルヴァニ
ア, フィラデルフィア, ナンバー604, コ
ンショホッケン アヴェニュー 3801

(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外9名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動無線システムの周期の遅いフェージングチャネル用の適応ハイブリッドARQ符号化スキーム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 移動無線通信システムの分野に関し、特に通信チャネルの全体の処理能力を低下させないで、無線通信の品質を向上させる。

【解決手段】 無線通信チャネルを通して受信機に信号を送信する方法及び装置であって、第1の符号化信号部分を生成するために信号の第1の部分を第1のコードで符号化する段階と、チャネルを通して、受信機に第1の符号化信号部分を送信する段階と、送信信号部分がエラー無しで受信されたかどうかを表す情報からなる受信通知データを受信機から受信する段階と、受信した受信通知データに基づいて第2のコードを決定する段階と、第2の符号化信号部分を生成するために信号の第2の部分を第2のコードで符号化する段階と、チャネルを通して、受信機に第2の符号化信号部分を送信する段階からなる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 無線通信チャネルを通して受信機に信号を送信する方法であって、

第 1 の符号化信号部分を生成するために、信号の第 1 の部分を第 1 のコードで符号化する段階と、

チャネルを通して、受信機に第 1 の符号化信号部分を送信する段階と、

受信機により、送信信号部分がエラー無しで受信されたかどうかを表す情報からなる、受信通知データを受信機から受信する段階と、

受信した受信通知データに基づいて、第 2 のコードを決定する段階と、

第 2 の符号化信号部分を生成するために、信号の第 2 の部分を第 2 のコードで符号化する段階と、

チャネルを通して、受信機に第 2 の符号化信号部分を送信する段階とを含む方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、全コンボリューション・コードからなる方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、穴開きコンボリューション・コードからなる方法。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、エラー修正コードからなる方法。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の方法において、エラー修正コードが、リード・ソロモン・コードからなる方法。

【請求項 6】 請求項 1 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、巡回冗長検査コードである方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方に含まれる巡回冗長検査コードが、その中に含まれるエラー検出コードだけである方法。

【請求項 8】 請求項 1 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、全コンボリューション・コードおよびエラー修正コードの組み合わせからなる方法。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の方法において、エラー修正コードが、リード・ソロモン・コードからなる方法。

【請求項 10】 請求項 1 に記載の方法において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、穴開きコンボリューション・コードおよびエラー修正コードの組み合わせからなる方法。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の方法において、エラー修正コードが、リード・ソロモン・コードからなる方法。

【請求項 12】 請求項 1 に記載の方法において、受信

機から受信した受信通知データが、さらに送信信号部分がエラー無し状態で受信機により受信されなかった場合に、受信機により検出されたエラーの数を表す情報からなり、その場合、第 2 のコードを決定する段階が受信機により検出されたエラーの上記数に基づいて行われる方法。

【請求項 13】 無線通信チャネルを通して遠隔受信機に信号を送信するための装置であって、

第 1 の符号化信号部分を生成するために、信号の第 1 の部分を第 1 のコードで符号化することができる第 1 のエンコーダと、

チャネルを通して、遠隔受信機に第 1 の符号化信号部分を送信することができる第 1 の送信機と、

第 1 の送信機により送信された信号部分が、遠隔受信機により、エラー無しで受信されたかどうかを表す情報からなる受信通知データを、受信機から受信することができる受信通知受信機と、

受信した受信通知データに基づいて、第 2 のコードを決定するための手段と、

第 2 の符号化信号部分を生成するために、信号の第 2 の部分を第 2 のコードで符号化することができる第 2 のエンコーダと、

チャネルを通して、遠隔受信機に第 2 の符号化信号部分を送信することができる第 2 の送信機とからなる装置。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の装置において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、全コンボリューション・コードからなる装置。

【請求項 15】 請求項 13 に記載の装置において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、穴開きコンボリューション・コードからなる装置。

【請求項 16】 請求項 13 に記載の装置において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、エラー修正コードからなる装置。

【請求項 17】 請求項 16 に記載の装置において、エラー修正コードが、リード・ソロモン・コードからなる装置。

【請求項 18】 請求項 13 に記載の装置において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、巡回冗長検査コードからなる装置。

【請求項 19】 請求項 18 に記載の装置において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方に含まれる巡回冗長検査コードが、その中に含まれるエラー検出コードだけである装置。

【請求項 20】 請求項 13 に記載の装置において、第 1 および第 2 のコードの少なくとも一方が、全コンボリューション・コードおよびエラー修正コードの組み合わせからなる装置。

【請求項 21】 請求項 20 に記載の装置において、エラー修正コードが、リード・ソロモン・コードからなる装置。

【請求項22】 請求項13に記載の装置において、第1および第2のコードの少なくとも一方が、穴開きコンボリューション・コードおよびエラー修正コードの組み合わせからなる装置。

【請求項23】 請求項22に記載の装置において、エラー修正コードが、リード・ソロモン・コードからなる装置。

【請求項24】 請求項13に記載の装置において、遠隔受信機から受信した受信通知データが、さらに送信信号部分がエラー無し状態で遠隔受信機により受信されなかった場合に、遠隔受信機により検出されたエラーの数を表す情報からなり、その場合、第2のコードを決定する手段が、遠隔受信機により検出されたエラーの上記数に基づいて動作する装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願への相互参照】 本出願の主題は、本発明の譲受人に譲渡された、1996年2月13日出願の出願第08/600696号の「移動無線局用の適応電力制御および符号化スキーム(An Adaptive Power control and Coding Scheme for Mobile Radio Stations)」という名称のP. アグラワル(P. Agrawal)、B. ナレンドラン(B. Narendran)、J. シェンニキ(J. Sienicki)およびS. ヤジニク(S. Yajnik)の米国特許出願の主題に関する。上記米国特許出願の全文は参照として本明細書に組み込まれている。

【0002】

【発明の属する技術分野】 本発明は、移動無線通信システムの分野に関し、特に通信チャネルの全体の処理能力を低下させないで、無線通信の品質を向上させる問題に関する。

【0003】

【発明の背景】 多くの場合、移動無線チャネルの特徴といえるのは、とりわけ、レイリー・フェージング(Rayleigh Fading) および周期の長いシャドー・フェージング(Shadow Fading) によるチャネルの予測できない変化である。チャネルの品質は、例えば、同一チャネル干渉、隣接チャネル干渉、伝搬路損失および多重路伝搬(すなわち、レイリー・フェージング) のようないくつかの要因により劣化する。送信エラーは、通常、フェージングにより信号レベルがノイズまたは干渉レベル以下に下がった場合に、一気に起こる。それ故、多くの場合、無線チャネルによる送信の品質を、受信可能なレベルに維持するために明確な手段を講じる必要がある。

【0004】 無線チャネル接続による送信の品質は、受信機が送信されたデータを受信する際の信頼性により測定することができる。例えば、チャネルの信頼性は、受信機のビット誤り率(Bit-Error-Rate, BER)により表すことができる。

【0005】 より詳細に説明すると、順方向エラー修正

(Forward Error Correction, FEC) および自動反復要求(Automatic Repeat Request, ARQ) は、ノイズおよびフェージング・チャネルに対して共通して使用される二つの周知のエラー制御技術である。エラー制御用にFECを使用しているシステムにおいては、例えば、送信機が一定の冗長コードを使用してデータを符号化し、一方、使用コードを知っている受信機は受信端末でデータを解読する。従来のブロックまたは従来のコードを使用している多くのこの種のシステムが、開発および/または使用されている。ARQを使用するシステムの場合には、受信機は、所与の送信パケットがエラー無しで受信されたかどうか、または受信パケットがエラーを含んでいたかどうかを示す受信通知信号を返送(すなわち、送信機に送り返す)する(前者の場合は、受信通知信号、すなわち、「ACK」が送信され、後者の場合には、受信否定通知信号、すなわち、「NACK」が送信される。)。受信したパケットがエラーを含んでいる場合(すなわち、送信機が「NACK」信号を受信した場合)には、送信機は同じパケットを再び送信し、再度の送信(または、さらにその後の送信)により、パケットの受信が成功するようにする。

【0006】 例えば、高品質オーディオ、映像およびリアルタイム・ビデオのようなマルチメディア用途のための送信の場合には、通常10⁻⁴またはそれ以下の非常に低いビット誤り率が要求される。そのようなBERの非常に低い無線環境を作ることは、非常に低い率の順方向エラー修正コードを使用した場合でも非常に難しい。しかし、ARQ技術を使用すれば、様々に変化する遅れおよび場合によっては非常な遅れを起こすことはあっても、非常に信頼性の高い通信を行うことができる。しかし、FEC技術およびARQ技術の両方を同時に使用するハイブリッドARQスキームは非常に魅力がある。何故なら、これらの技術はFECの固定遅れエラー修正機能と、基本的なARQスキームの低いBERを結合させるからである。上記ハイブリッドARQスキームは、例えば、その全文を参照として本明細書に組み込んだ、1984年12月発行の「IEEE通信マガジン(IEEE Communication Magazine)」の22巻に掲載されている、S. リン、D. コステロ、およびM. J. ミラーの「自動反復要求エラー制御スキーム(Automatic Repeat Request Error Control Scheme)」の第5頁乃至第16頁に記載されている。

【0007】 周期の遅いフェージング・チャネル(例えば、フェージングの速度が記号速度より遥かに遅いチャネル)の場合には、FEC技術により得られる性能利得は、チャネルの状態によって決まる。例えば、受信信号/ノイズ比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)が大きい場合には、必要なBERを得るにはコーディングされていないシステムまたは高いコード速度のFECで十分である。一方、受信SNRが低い場合には、要件を満足さ

せるには非常に遅い速度のFECを必要とする場合がある。周期の遅いフェージング・チャンネルで適応ハイブリッドARQスキームを使用すると、効率が非常に高くなる。何故なら、周期の遅いフェージング・チャンネルにおいては、チャンネルは比較的長い時間の間、特定の状態に維持されるからである。適応ハイブリッドARQスキームは、チャンネルが長い期間良好な状態にあり、そのような時間内に高速FECを使用して有利に情報を送信できるという事実に基づいている。しかし、チャンネル状態が悪化すると、適応ハイブリッドARQスキームは低速コードに切り替わる。FECの速度を切り替えると、送信されるオーバーヘッドが少なくなり、その結果、チャンネルの処理能力が改善する。非適応ハイブリッドARQスキームと比較すると、適応スキームは、エラー修正用のビット数が少なく済む。それ故、上記適応スキームは、通常非適応スキームと比較すると、全体の処理能力が改善される。

【0008】従来技術による適応ハイブリッドARQスキームの場合には、コードの適応はチャンネル状態の明示の推定値によって決まる。例えば、チャンネル状態は、(ある時間の間)受信機側で必ず測定する必要があるBERに基づいて決定することができる。その後、この情報は送信機に送り返され、送信機はそれに基づいてエラー・コードを適応させる。それ故、上記のスキームを使用するには、(例えば、ある時間の間のBERの計算のような)上記決定を行うための分析をしたり、さらに追加データを送信機に送り返したりするために、従来のハイブリッドARQ受信機を改造する必要がある。しかし、好適には従来のハイブリッドARQ受信機と一緒に使用することができる、適応ハイブリッドARQスキームを提供することが好ましい。すなわち、受信機が上記追加分析を行うことができ、またより重要なことは、追加データを送信(受信機に対して返送)しなくてもよいようなスキームを提供することが望ましい。

【0009】

【発明の概要】本発明の例示としての実施例は、チャンネル状態が、受信機からの受信通知(ACKおよびNACK)の頻度により明確に決定される、適応ハイブリッドARQ符号化を行うための方法および装置を提供する。例えば、NACKは受信信号の信号強度が弱いことを意味しているので、FECのコード速度を上記の受信通知に従って下げることができるので有利である。一方、FECのコード速度はACKに従って増大することができるので有利である。

【0010】本発明の他の例示としての実施例の場合には、受信機により返送された受信通知は、対応する受信データ・パケットのエラーの数を知らせるために修正される。特に、受信機が受信データ・パケットのエラーの数を決定することができるように、リード・ソロモン(Reed-Solomon, RS)アウタ・コード(Outer Code)が

FECで使用される。受信通知が受信機側で多数のエラーを受信したことを示している場合には、FECのコード速度をそれに従って下げることができるので有利である。

【0011】

〔発明の詳細な説明〕

<始めに>本発明の例示としての実施例の場合には、当業者には周知の「Nに戻れ」ARQプロトコルが、本明細書に記載する例示としてのスキームの基本的な部分として使用されている。図1Aは、本発明の例示としての送信機である。より詳細に説明すると、データ源11はフレーム・アセンブリ・モジュール12に送信するためのデータを供給し、上記モジュールはアンテナ13を通して受信機パケットを送信し、アンテナ14を通して受信機から受信通知データを受信する。

【0012】図1Bに示すように、ARQプロトコルは、ヘッダ作成モジュール15で各パケットに対するヘッダを生成する。そのパケットを識別するためのパケット番号は、ヘッダに含まれる。(データ源11により供給される)送信用データは、情報ペイロード・モジュール16により、パケットに収容される。次に、当業者には周知の(16ビットの)巡回冗長検査(CRC)コードを使用して、CRC16モジュール17により、エラー検出が追加される。最後に、FECモジュール18により、(もしある場合は)エラー修正コードが追加される。

【0013】「Nに戻れ」プロトコルの場合には、Nの数値は往復の遅れおよび送信機のデータ・バッファのサイズにより決まる。一例をあげると、例えば、「N」を7に設定することができる。また、一例をあげると、順方向および逆方向のチャンネルの遅れを一パケットの長さ に設定することができる。さらに、一例をあげると、図1Bに示すパケットの全長を、40バイトに設定することができる。図1Bに示すように、このパケットは、パケット・ヘッダ、エラー検出用のCRC16およびFEC(およびデータそれ自身)を含む。FECは送信データ記号により高度のエラー保護を行うためのものである。

【0014】より詳細に説明すると、本発明の種々の例示としての実施例で使用されているFECは、一つまたはそれ以上の下記のコードを含む。

・コンボリューション・コード(C)：使用されている例示としての従来のコードは、当業者には周知の速度が1/2、拘束長9のコンボリューション・コードである。受信機は各パケット一つずつ解読しなければならないので、最後の8の符号化されたビットは、都合がいいようにゼロにセットされる。

・穴開きコンボリューション・コード(P)：速度1/2のコンボリューション・コードから入手できるコンボリューション・符号化データは、一例をあげると、有効コード

速度が3/4になるように、速度4/6穴開けテーブルで穴を開けられている。このような穴開きコンボリューション・コードも通常の当業者には周知のものである。

・リード・ソロモン・コード(RS(n, k)) : 同様に、当業者にとって周知のこの例示としてのリード・ソロモン(RS)コードは、ガロア拡大体256(Galois Field 256, GF 256)の上で動作する。RSコードは、外部コードとして有利に使用され、コード語の長さは使用内部コードによって決まる。(使用される特定の例示としてのコードについては下記参照。)RS(n, k)コードは、 $t = (n, k) / 2$ エラーまで修正できるので有利である。(n, kおよびtはバイト数である。)

【0015】一例をあげると、変調スキームは、当業者には周知の理想的なコヒーレントな復調による直角位相シフト・キーイング(QPSK)からなる。チャネルはドップラー周波数(f_D) \times 記号周期=4.34 \times 10⁻⁴により、レイリー・フェージングとしてモデル化することができる(搬送周波数が900MHz、移動速度が1km/hの場合には、上記記号周期は192kb/sに相当する。)。下記のシミュレーションの結果の場合、プロトコルは理想的でない戻りチャネル状態の下で動作するように設計されているが、戻りチャネルはエラーを含んでいないと仮定する。)

【0016】<従来技術によるARQスキーム>図2A乃至図2Fに示すように、「Nに戻れ」ARQスキームと一緒に使用するための種々のFECについて説明する。(以下に説明するように)、上記のFECのあるものを使用して、従来技術によるシステムのシミュレーションの結果を、本発明の例示としての適応ハイブリッドARQスキームのあるものの性能と比較するための使用する。

【0017】基本的な「Nに戻れ」ARQスキームは符号化されていないデータ・パケットを使用する。図2Aは上記パケットとそのパケットに対するバイト割当を示す。より詳細に説明すると、データ・パケットは符号化されていないで、図示のように、37バイトの情報バイトがペイロードとして使用される(ブロック20)。ヘッダ(ブロック19)1バイトにより、CRC16パリティ・データ(ブロック21)の2バイトがフレームに追加される。受信機はデータを復調し、受信パケットにエラーがあるかどうかを判断する。何らかのエラーがあった場合には、受信機はNACK信号を送信して再送信要求を開始する。この場合、図2Aのパケットに示すように、ヘッダの長さは1バイトで、最後の3つのビットはゼロにセットされる。

【0018】このシステムの処理能力は、受信機にエラー無しで送られてくるビット数と、送信されるCRCパリティ・ビットを除く、ビットの総数との間の比として計算される。図3の曲線50は、このコーディングが行

われていないシステムの処理能力を示す。SNRが高い場合には、大部分のパケットはエラー無しで送られ、その結果、正規化された処理能力は1に近いことに留意されたい。一方、SNRが低い場合には、上記処理能力は非常に低い。何故なら、エラー無しで送られるパケットの数が非常に少ないからである。

【0019】次のケースは、図2Bに示すコンボリューション化符号化システム(C)である。このケースの場合、速度1/2、拘束長9のコンボリューション・コードが、16 \times 20ブロックのインタリーブ(ブロック27)と一緒にFEC(ブロック26)として使用される。この図にはバイト割当も図示してある。一例をあげると、一つのパケットの記号の全数は、40バイトに固定されているので、(ブロック23に示すように)、情報データとして使用できるのは16バイトしかない。このケースのヘッダの構造(ブロック22)および処理能力の計算は、図2Aに示す上記の基本的な「Nに戻れ」の場合と同じである。

【0020】図3の曲線51が、このケースの場合のこのシステムの性能を示す。FECの速度が1/2であるので、達成できる最大処理能力は必ず50%になる。FECはエラー修正機能を持っているので、符号化されたシステムは、SNRが低い場合でも非常に優れた動作をする。しかし、SNRが高い場合には、符号化されていないシステムと比較すると、性能は低い。何故なら、SNRが高い場合には、エラー修正は必要ではなく、FECが処理能力を低下させるオーバーヘッドを追加するからである。このコンボリューション・符号化システムのSNRが0dBの場合の処理能力は、約35%である。符号化されていないシステムの対応する処理能力は約5%である。しかし、SNRが高い場合には、符号化は必要ではなく、従って符号化されていないシステムの処理能力はほぼ100%であり、一方、符号化されているシステムの処理能力は僅かに45%である。

【0021】次のケースは、図2Cに示すように、穴開きコンボリューション符号化されたシステム(P)である。この図には、またこのシステムに対するバイト割当も図示してある。速度3/4のFECは、速度1/2、拘束長9のコンボリューション・コード(ブロック32)をパンチすることにより得られる。コンボリューション符号化のケースの場合と同様に、サイズが16 \times 20(ブロック33)のブロック・インタリーブ(Block Interleaver)が使用される。各パケットは、(ブロック29に示すように)26バイトの情報を含み、その結果チャネル記号の全数は40バイトである。

【0022】図3の曲線52が、このケースのシステムの処理能力を示す。コードは速度3/4のFECコードであるので、処理能力は75%またはそれ以下である。SNRが比較的低い場合でも、穴開きコンボリューション・コードを使用しているシステムの性能は、コンボルー

ション符号化されたシステムの性能より優れていることが理解できるだろう。

【0023】＜第1の実施例＞上記の結果から、処理能力を高めるには、SNRが高い場合には、エラー修正機能を持たないシステムのほうが好適であり、SNRが低い場合には、FECシステムのほうが有用であることが分かる。本発明の種々の例示としての実施例による適応スキームは、受信機から「非常に多くの」NACKが送り返されてきた場合には、強力なFECを使用して上記目的を達成し、ACK信号を受信した場合には、符号化を使用しないか、または弱いFECを使用して上記の目的を達成する。

【0024】本発明の第1の例示としての実施例の場合には、適応エラー修正コードは、本明細書でU/P/Cシステムと呼ぶシステムにより使用される。特に、図4にU/P/Cシステムの送信機の状態のフローチャートを示す。例示としてのシステムは、最初には符号化を使用せず、NACK信号を受信するまでは状態54に維持される。NACK信号に従って、送信機は速度3/4の穴開きコンボリューション・コードを使用してバケットを符号化し、第1の状態(55)へ移行する。送信機はこの状態に留まり、二つのバケット(状態55および56)に対して速度3/4の穴開きコンボリューション・コードを使用する。しかし、上記二つのバケットでNACK信号を受信した場合には、送信機の状態は第1のC状態に移行し、次の二つのフレーム(状態57および58)に対して、速度1/2のコンボリューション・コードを使用する。第1および第2のコンボリューションに符号化されたバケットの後で、NACK信号を受信しなかった場合には、システムは状態U(状態54)、すなわち、符号化されていない状態に戻る。しかし、速度1/2のコンボリューション・コードを使用している時に、NACK信号を受信した場合には、システムはコンボリューションに符号化された状態C(状態58)のままである。

【0025】図2A乃至図2Cにこの例示としてのシステムに対するバイト割当を示す。ヘッダは符号化されていない基本的ARQシステムと同じ方法で構成される。図3の曲線53が、この例示としてのシステムの性能を示す。このシステムの性能は、SNRが高い場合には、符号化されていないシステムと同じであり、SNRが低い場合には、上記性能はコンボリューションに符号化されているシステムより高いことが理解できるだろう。SNRが非常に低い場合には、例示としてのシステムは、再送信要求の頻度のために、大部分の時間コンボリューションに符号化された状態に留まる。それ故、上記のケースの場合には、処理能力はハイブリッド・コンボリューションに符号化されたARQスキームの処理能力と同じになる。一方、SNRが高い場合には、大部分の時間中ACK信号が受信され、そのためシステムの性能は基本的な

符号化されていないARQシステムの性能に近づく。

【0026】＜第2の実施例＞本発明の第2の例示としての実施例の場合には、RSコードと一緒に穴開きコンボリューション・コードが使用される。さらに、受信機によって返送された受信通知信号が、エラーを含む受信バケットによりバイト数を送るために修正される。例示としてのシステムは、RS(40, 36)コード、すなわち、 $n=40$ バイト、 $k=36$ バイトおよび $t=2$ バイトの2-エラー修正リード・ソロモン・コードで始まる(この場合、「 n 」はバイト単位のRSコード語の長さ、「 k 」はエンコーダが情報バイトであると判断するバイトの数、「 t 」はRSコードのエラー修正能力を表す)。図5に、このシステムの送信機の状態のフローチャートを示す。図2Dに、初期状態の場合に、このシステムにより使用されるバイト割当を示す。RSエンコーダ(ブロック37)に入力する「 k 」バイトのバイト割当は、1バイトがヘッダ(ブロック34)用、33バイトが情報データ(ブロック35)用、2バイトがCRCエラー検出コード(ブロック36)用であることに留意されたい。また、バケット削除を宣言するためにRSコードを使用できることに留意されたい。しかし、一例をあげると、この場合には、CRCはエラー検出用に使用される。

【0027】この第2の例示としての実施例の場合には、受信機はACK信号およびNACK信号を返送するばかりでなく、最も最近受信したバケットで起こったバイト・エラーの数も送る。送信機から受信機に送られるバケットのヘッダの最初の4つのビットは、シーケンス番号を含み、残りのビットはゼロに設定される。受信機から送信機に送られるバケットのヘッダは、(識別用の)最初の4つのビットに要求番号を含み、最後の4つのビットにパルカンブ・マッセイ・デコーダにより検出されたエラーの数を含む。(通常の当業者には周知のように、パルカンブ・マッセイ・デコーダは、RSコーディングと一緒に使用するための従来のデコーダである。)

【0028】第2の実施例の例示としてのシステムの送信機は、 t -エラー修正コードを使用する。この場合、 $t=1, 2, 3$ または4である。すなわち、送信機は上記4つのRSコードの中の一つを使用して、データを符号化する。図5の状態のフローチャートの場合には、受信機から返送されたエラーの数は「 n 」で表される。送信機は4つまでのエラー修正RSコードを使用することができる。 $n=0, 1, 2, 3$ または4。4つ以上のエラーが検出された場合には、受信通知信号の「 n 」は4に設定される。

【0029】より詳細に説明すると、送信機の最初の状態は59であり、RS(40, 36)コードを使用してデータを送信する。 $n>0$ の表示を受信した場合には、送信機は状態60に移行し、この場合、送信機は次のバ

ケットに、RS (29, 27)と一緒に穴開きコンボリューション・コードを使用する。次に受信した返送が $n=0$ である場合には、送信機は状態59に移行することによって、RS (40, 36)パケットの送信に戻る。

「 n 」がゼロでない場合には、送信機は状態61に移行し、この場合は、穴開きコンボリューションに符号化され、 $(n+1)$ および4のうちの小さいほうのエラー修正能力のRSコードと連結したパケットを送信する。このパケットは $(P+RS(29, 29-2t))$ ($T=\min(n+1, 4)$)と呼ばれる。

【0030】この記号により上記コーディング・スキームを説明するが、現在のパケットが $(P+RS(29, 29-2t))$ である場合には、 t -エラー修正RSコードは29バイトの長さのコード語を生成する。図2Fに示すように、RSエンコーダ(ブロック47)に入力するバイトの数は、 $29-2t$ であり、ヘッダ(ブロック44)は1バイトであり、CRC(ブロック46)は2バイトであり、情報ペイロード(ブロック45)は $29-3-2t$ バイトである。テール・ビットの一つのバイトは、この(ブロック48の)29語のRSコードにつけ加えられ、その結果得られた30バイトは、40バイト $(P+RS(29, 29-2t))$ の長さのパケットを得るために、(ブロック49の)速度3/4の穴開きコンボリューション・コードにより符号化される。

【0031】図6の曲線65は、第2の例示としての実施例のシステムの性能を示す。このシステムの処理能力は、基本的ARQシステムの場合と同じ方法で計算される。すなわち、処理能力は、エラー無しで送信されるビット数と、CRCパリティ・ビットを除く送信される全ビット数との比である。この図を見ればわかるように、SNRが高い場合のシステムの性能はほぼ82%であり、SNRが低い場合でもかなり高い処理能力が得られる。

【0032】<第3の実施例>本発明の第3の実施例の場合には、RSコードの最大エラー修正能力は6であり、第2の例示としての実施例の場合のようにRS (40, 38)を使用する代わりに、より高いRSコード(40, 38)を使用する。他の点では、第3の例示としての実施例は、図5にその状態フローチャートを示す第2の例示としての実施例とほとんど同じである。(一点鎖線で示す)図6の曲線64は、第3の実施例の性能を示す。この場合、上記性能は、「RS (40, 38) / $P+RS(29, 29-2t)$ ($t=1, \dots, 6$)」で表される。SNRが高い場合には、このシステムで使用する効果的なFECはRS (40, 38)であり、一方、すでに説明したシステム(例えば、例示としての実施例)の場合には、RS (40, 36)であることに留意されたい。RS (40, 38)により導入されたオーバーヘッドはRS (40, 36)により導入されたオーバーヘッドより小さいので、SNRが高い場合にはこのシ

ステムの処理能力のほうが少し高い。SNRが非常に高い場合には、上記システムに対する有効なFECは、速度3/4の穴開きコンボリューション・コードおよび「 $P+RS(40, 21)$ 」で示されるRS (40, 21)である。しかし、このシステムの場合には、対応するFECは「 $P+RS(40, 17)$ 」である。SNRが非常に低い場合には、穴開きコードのために、これらコードのエラー修正能力はほぼ同じである。しかし、RS (40, 17)により追加された冗長度がさらに多いので、このシステムの処理能力は少し低い。

【0033】<第4の実施例>本発明の第4の例示としての実施例の場合には、速度1/2のコンボリューション・コード、速度3/4の穴開きコンボリューション・コード、およびRSコードが使用され、符号化されていないケースがARQスキームと一緒に使用された。図7にこのシステムの送信機の状態のフローチャートを示す。この図に示すように、例示としての送信機は、FECの組み合わせと符号化されていないデータを使用する。FECの可能な組み合わせは、RS (40, 38)、 $(P+RS(29, 29-2t))$ ($t=1, \dots, 4$)および $(C+RS(19, 19-2t))$ ($t=1, \dots, 4$)で示される。図2A、図2D、図2Eおよび図2Fに、異なる状態に対するバイトの割当を示す。このシステムの性能は、図6の曲線63により表され、「 $U/RS(40, 38) / P+RS(29, 29-2t)$ ($t=1, \dots, 4$) / $C+RS(19, 19-2t)$ ($t=1, \dots, 4$)」の記号で表示してある。この例示としてのシステムの処理能力は、システムに符号化していないケースを含んでいるので、SNRが高いところで最も高い。

【0034】本発明のいくつかの特定の実施例を図示し、説明してきたが、これらの実施例は、本発明の原理を適用することにより考案することができる、多くの可能な特定の装置の単なる例示的なものに過ぎないことを理解されたい。例えば、上記の実施例については、「Nへ戻る」ARQプロトコルのところで開示し、分析したが、通常の当業者にとってはこれらの適応スキームは、当業者にとっては周知の他の二つの共通に使用したARQプロトコルである、選択的反復および/またはストップ・アンド・ウェイト・プロトコルと一緒に使用できることは明らかであろう。通常の当業者であれば、本発明の精神および範囲から逸脱しないで、本発明の原理により多くの種々の他の装置を考案することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1A】本発明の一実施例による移動無線送信機である。

【図1B】図1Aの例示としての送信機により送信されるデータ・パケットの生成を示す。

【図2A】本発明の例示としての実施例による、種々のFECコード(およびそれに対する対応するバイト割

当)によりコーディングされた、例示としてのデータ・パケットである。

【図2B】本発明の例示としての実施例による、種々のFECコード(およびそれに対する対応するバイト割当)によりコーディングされた、例示としてのデータ・パケットである。

【図2C】本発明の例示としての実施例による、種々のFECコード(およびそれに対する対応するバイト割当)によりコーディングされた、例示としてのデータ・パケットである。

【図2D】本発明の例示としての実施例による、種々のFECコード(およびそれに対する対応するバイト割当)によりコーディングされた、例示としてのデータ・パケットである。

【図2E】本発明の例示としての実施例による、種々のFECコード(およびそれに対する対応するバイト割当)によりコーディングされた、例示としてのデータ・

パケットである。

【図2F】本発明の例示としての実施例による、種々のFECコード(およびそれに対する対応するバイト割当)によりコーディングされた、例示としてのデータ・パケットである。

【図3】本発明の第1の例示としての実施例と比較した、従来技術のARQスキームのシミュレーションによる性能である。

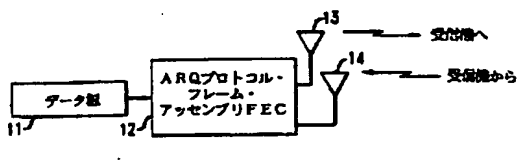
【図4】本発明の第1の例示としての実施例の送信機の状態のフローチャートである。

【図5】本発明の第2の例示としての実施例の送信機の状態のフローチャートである。

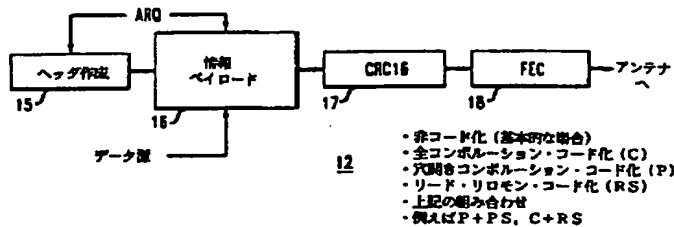
【図6】本発明の第2、第3および第4の例示としての実施例と比較した、従来技術のARQスキームのシミュレーションによる性能である。

【図7】本発明の第4の例示としての実施例の送信機の状態のフローチャートである。

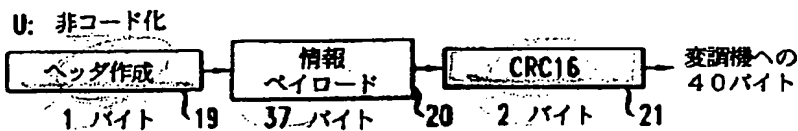
【図1A】



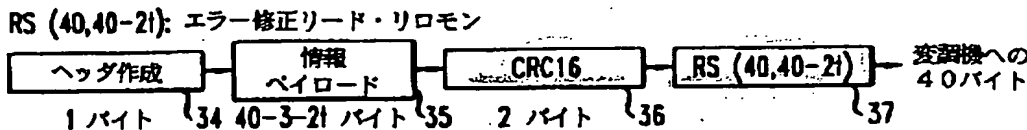
【図1B】



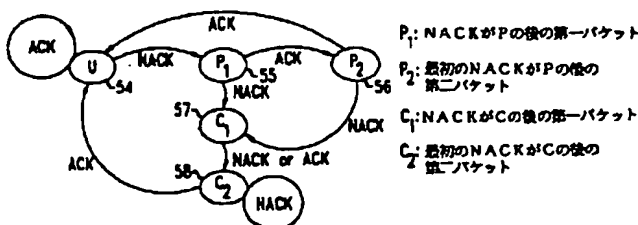
【図2A】



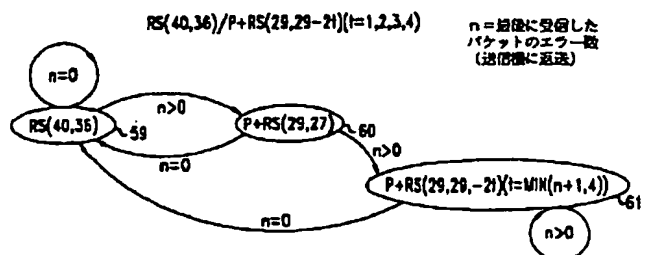
【図2D】



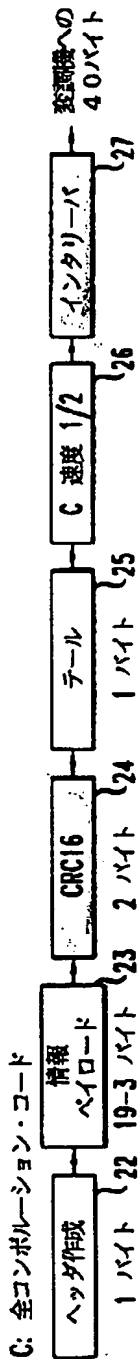
【図4】



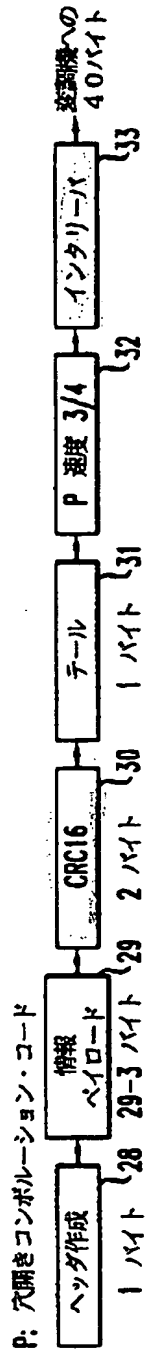
【図5】



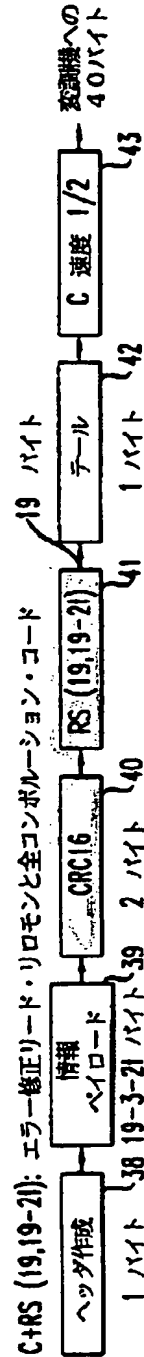
【図 2 B】



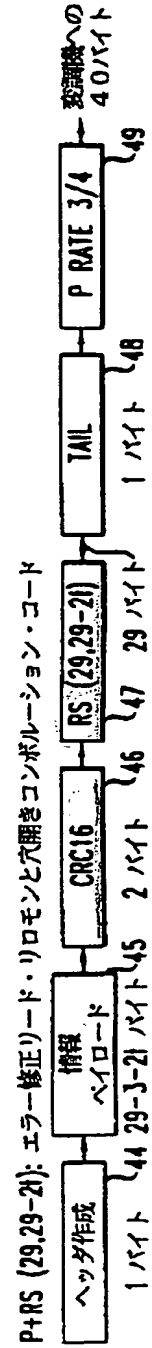
【図 2 C】



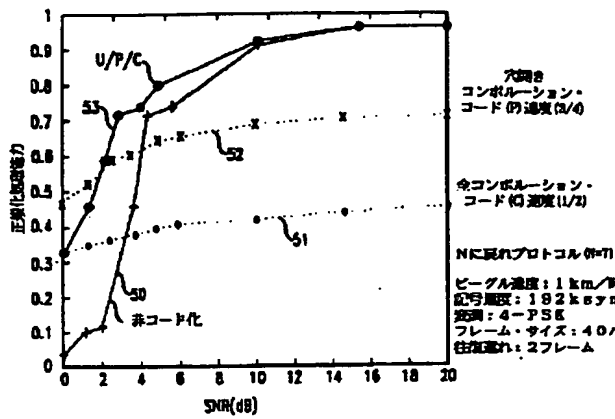
【図 2 E】



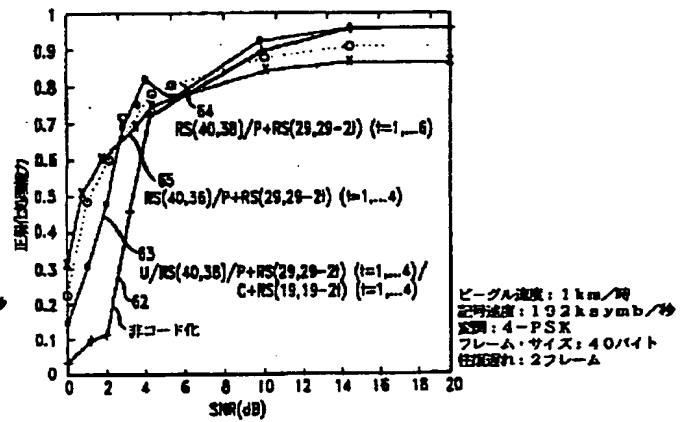
【図 2 F】



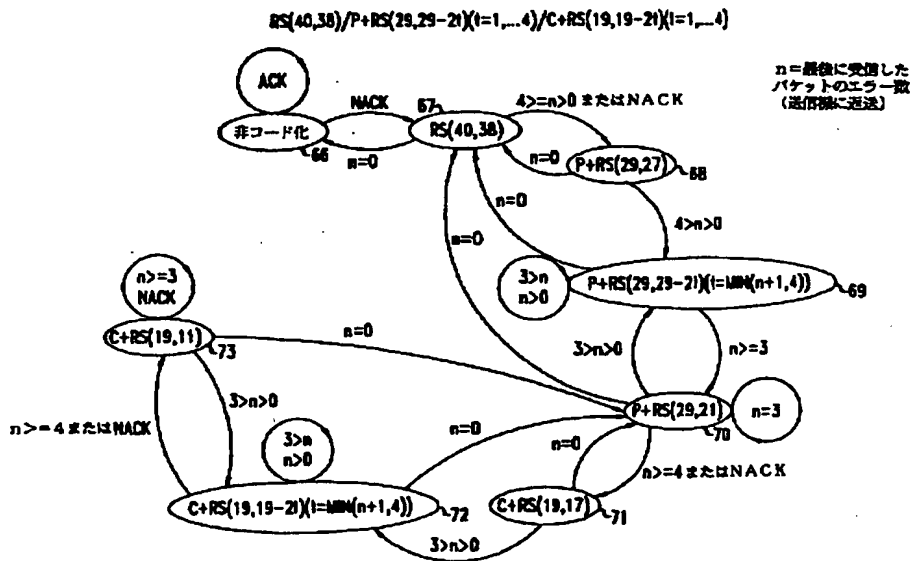
【図 3】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 ヴィジザ ウィーラッコディ
 アメリカ合衆国 07060 ニュージャージー
 イ, ウォッチュング, ヴァレー ロード
 281